



## ANALÝZA PREVÁDZKOVÝCH RIZÍK UAV

Alex Cuker  
Air Transport Department  
University of Žilina  
Univerzitná 8215/1  
010 26 Žilina

Branislav Kandra  
Air Transport Department  
University of Žilina  
Univerzitná 8215/1  
010 26 Žilina

### Abstract

*This article focuses on a comprehensive analysis of the operational risks associated with the use of Unmanned Aircraft Systems (UAS). The introductory section discusses the rapid development of UAS technology and the legislative framework governing their use, including the introduction of a UAS park at the University of Žilina. The main part of the article is dedicated to assessing the risks associated with UAS operations, where efforts were made to identify and consider all possible factors affecting safety. Challenges associated with rapidly changing technologies and external factors underscore the need for ongoing development and refinement of risk assessment methodologies, such as the Specific Operations Risk Assessment (SORA) developed by EASA, which was applied in this article. The work provides a foundation for creating a SORA analysis, essential for obtaining permissions for flights in the "specific" category.*

### Keywords

*Unmanned Aircraft Systems (UAS), Specific Operations Risk Assessment (SORA), operational risks, legislative framework, risk management, safety analysis*

### 1. Úvod

Bezpilotné systémy (UAS - Unmanned Aircraft Systems) sú dnes jednou z najrýchlejšie sa rozvíjajúcich technológií. Ich rastúce využitie v rôznych oblastiach, od geodetického mapovania a monitoringu životného prostredia až po vojenské operácie, vyžaduje dôkladnú analýzu a manažment rizík spojených s ich prevádzkou. Táto práca sa sústreďuje na analýzu prevádzkových rizík UAS pomocou metodiky Specific Operations Risk Assessment (SORA) vypracovanej Európskou agentúrou pre bezpečnosť letectva (EASA). Cieľom je posúdiť riziká pre konkrétnu situáciu. Práca detailne rozoberá históriu a vývoj UAS, ako aj legislatívne rámce ovplyvňujúce ich používanie. Zámerom je poskytnúť komplexný pohľad na riziká spojené s ich prevádzkou a poukázať na opatrenia, ktoré som v modelovej analýze využil na ich zmiernenie. Modelová analýza môže slúžiť taktiež ako vzor pre získanie povolení v „osobitnej“ kategórii prevádzky.

### 2. História využitia UAS prostriedkov

Bezpilotné letecké prostriedky (UAV - Unmanned aerial vehicle) sú lietadlá, ktoré sú prevádzkované bez možnosti priameho ľudského zásahu z paluby lietadla. Môžu byť automatizované alebo diaľkovo ovládané. UAV môžu lietať počas dlhých časových úsekov pri kontrolovanej rýchlosti a výške a majú úlohu vo viacerých aspektoch leteckej dopravy. V súčasnosti sa používa najmä názov UAS. Systém bezpilotného lietadla pozostáva z bezpilotného lietadla a vybavenia potrebného na bezpečnú a efektívnu prevádzku tohto lietadla. UAV je súčasťou UAS [1] [2].

Bezpilotné letecké prostriedky majú dlhú históriu, ktorá sa začala už v 18. storočí. Za prvé UAV možno považovať teplovzdušný balón z roku 1783, vyvinutý bratmi Montgolfierovcami, ktorý predstavoval prvý letecký prostriedok

bez priameho ľudského zásahu [3]. Neskôr, v 19. storočí, sa UAV začali používať aj na vojenské účely, ako ukazuje príklad balónovej bomby vynájdenej Franzom von Uchatiusom v roku 1849, ktorá bola použitá počas obliehania Benátok [4].

V priebehu prvej svetovej vojny došlo k ďalšiemu vývoju UAV, kedy boli využité na letecké snímkovanie a vytvorenie máp nemeckého frontu. Tieto snímky boli medzi prvými príkladmi ortofotomozaiky, čo umožnilo detailnejšie mapovanie nepriateľských pozícií [3]. V období medzi svetovými vojnami sa vývoj UAV nezastavil, a pokračoval vznikom bezpilotných lietadiel, ktoré boli používané ako cvičné ciele na výcvik pilotov v Británii a neskôr aj v Spojených štátoch.

V priebehu a po druhej svetovej vojne došlo k značnému pokroku v technológii a využití UAV. Známym príkladom tohto vývoja predstavuje operácia Aphrodite, kde boli modifikované bombardéry B-17 a B-24 nasadené ako bezpilotné letúny pre strategické útoky. Misie zahŕňali prepravu veľkých náloží s cieľom zničiť špecificky vybrané vojenské ciele. Tragicky sa táto stratégia spája aj so smrťou Josepha Kennedyho Jr., ktorý zahynul, keď sa jeho letún nečakane zrútil. Tieto incidenty poukázali na vysoké riziká spojené s ranými verziami bezpilotných lietadiel [3][5]. S nástupom studenej vojny a technologickými inováciami v 70. a 80. rokoch 20. storočia, UAV postupne našli svoje miesto ako neoceniteľný nástroj vo vojenských operáciách, a neskôr sa ich využitie rozšírilo aj do civilných oblastí.

Rok 2006 predstavuje zlomový moment v civilnom využití UAV, keď po hurikáne Katrina FAA umožnila bezpilotným lietadlám lietať v civilnom vzdušnom priestore pre pátracie a záchranné misie. Drony Predator s termálnymi kamerami boli schopné odhaliť tepelné stopy ľudí až na vzdialenosť troch kilometrov. V tomto čase sa začal skutočne formovať priemysel spotrebných dronov. Spoločnosti ako Parrot, DJI, 3DR a mnohé ďalšie sa snažili využiť vojenskú technológiu UAS a prepracovať ju na

komerčné využitie. Potenciál pre priemyselné a spotrebiteľské UAS trhy bol dostatočný na to, aby mnohé podniky investovali do technológie [3].

V reakcii na spoločnosť Parrot, ktorá ako prvá integrovala smartfón s dronom AR Drone v roku 2010, predstavila firma DJI v roku 2013 populárny UAS Phantom, ktorý umožnil firme získať dominantné postavenie na trhu s bezpilotnými lietadlami pre spotrebiteľov. Následne Jeff Bezos v roku 2013 avizoval plány Amazon Prime Air na doručovanie zásielok pomocou bezpilotných lietadiel, službu, ktorá v súčasnosti funguje na dvoch miestach v USA [6][7]. Spoločnosti ako FedEx, UPS, Google, Uber a nespočetné množstvo ďalších, uznáva výhody bezpilotných lietadiel ako doručovacej platformy. Začína sa testovanie rôznych konceptov UAS a spolupráca s regulačnými agentúrami po celom svete [3].

Tento historický prehľad ilustruje, ako bezpilotné lietadlá prešli dlhú cestu od experimentálnych balónov k nevyhnutnej súčasťi moderných technologických aplikácií, a ukazuje potrebu pre dôkladné pochopenie a manažment rizík spojených s ich prevádzkou.

### 3. Súčasný stav riešenej problematiky

Od roku 2014 sa bezpilotné prostriedky neustále rozširujú, pokiaľ ide o možnosti a prípady použitia. Ich rozšírené využitie je momentálne viditeľné v odvetviach ako poľnohospodárstvo, doprava, monitorovanie životného prostredia, bezpečnosť a obrana, ako aj filmový a fotografický priemysel. V Spojených štátoch amerických sa v roku 2018 predalo až 277 000 komerčných UAS a k roku 2022 má firma DJI z Číny na trhu podiel približne 70 - 80 % [8]. V tom roku jej predaj bezpilotných lietadiel dosiahol 30,6 miliardy dolárov [9]. Vzhľadom na rastúci záujem priemyselných odvetví o využitie bezpilotných lietadiel na zlepšenie bezpečnosti a nákladovej efektívnosti svojich operácií sa očakáva, že tento trend bude v nasledujúcich rokoch dynamicky narastať. Počas pandémie koronavírusu boli bezpilotné lietadlá veľkým prínosom pre spoločnosť, napríklad pri presadzovaní sociálneho distancovania, masovej dezinfekcii a pomoci pri dodávke zdravotníckych potrieb. Práve pandémia ukázala krajinám na celom svete potenciál, ktorý majú bezpilotné lietadlá pre spoločnosť. Do roku 2030 má mať celý trh s UAS hodnotu 92 miliárd dolárov [3].

S nárastom počtu UAS súvisia aj obavy o bezpečnú prevádzku týchto prostriedkov a s nimi spojené riziká. V súčasnosti je mnoho nehôd spojených s technickými poruchami a poveternostnými podmienkami. Narušovanie vzdušných priestorov je ďalším z problémov, ktoré treba riešiť. Práve z tohto dôvodu sa Európska únia rozhodla pre istú formu regulácie a požiadaviek zo strán prevádzkovateľov a výrobcov.

#### 3.1. Legislatíva

Prevádzka UAS je kategorizovaná podľa úrovne rizikovosti. Vykonávacie nariadenie Komisie (EÚ) 2019/947 z 24. mája 2019 o pravidlách a postupoch prevádzky bezpilotných lietadiel rozdeľuje prevádzku bezpilotných systémov do troch kategórií: otvorenej, osobitnej a osvedčenej.

**Otvorená kategória** predstavuje segment s nízkym prevádzkovým rizikom a je určená pre širokú verejnosť. Pre túto kategóriu nie je vyžadovaná SORA analýza, predchádzajúce

povolenie príslušného úradu ani prehlásenie prevádzkovateľa UAS pred uskutočnením letu. Prevádzkové obmedzenia, požiadavky na riadiaceho pilota a technické špecifikácie bezpilotného systému rozdeľujú túto kategóriu do troch podkategórií: A1, A2 a A3 [10].

V kategórii A1, pre UAS s MTOW do 900 g, je povolené lietať v urbanistických oblastiach, avšak lietanie nad zhromaždeniami ľudí je zakázané [11].

V kategórii A2, pre UAS s MTOW do 4 kg, je povolené lietať v urbanistických oblastiach, pričom musí byť zachovaná primeraná vzdialenosť od nezapojených osôb, ktorá by sa mala rovnať výške, v ktorej bezpilotné lietadlo letí, ale nikdy nie menej ako 5 m. Lietanie nad zhromaždeniami ľudí je zakázané [11].

V kategórii A3, pre UAS s MTOW do 25 kg, nie je dovolené lietať v urbanistických oblastiach a musia byť od nich vzdialené aspoň 150 m. Musia byť tiež prevádzkované ďaleko od ľudí [11].

Pilot v otvorenej kategórii musí udržiavať bezpilotné lietadlo vo vizuálnom dohľade a vykonávať dôkladnú vizuálnu kontrolu vzdušného priestoru v okolí bezpilotného lietadla. Let sa musí prerušiť, ak predstavuje riziko pre iné lietadlo, osoby, zvieratá, životné prostredie a majetok [10].

**Osobitná kategória** je obdobou predchádzajúceho povolenia k vykonávaniu leteckých prác. Je to kategória prevádzky bezpilotných systémov, u ktorých je s ohľadom na súvisiace riziká požadované povolenie príslušného úradu pred uskutočnením prevádzky. V prípade prevádzky v súlade s určitým „štandardným scenárom“ bude postačovať prehlásenie prevádzkovateľa [10].

#### 3.2. UAS Žilinskej univerzity v Žiline

Na Žilinskej univerzite v Žiline prevádzkujeme desiatky UAS, ktoré slúžia ako nástroj výskumu a ako prostriedky pre praktické vzdelávanie iných prevádzkovateľov a študentov. S ich pomocou prispievame k rozvoju týchto technológií a pomáhame zefektívňovať mnohé odvetvia. Univerzita drží povolenie na vykonávanie leteckých prác pre tri bezpilotné lietadlá: DJI Mavic Pro, DJI Mavic 2 Pro a DJI Inspire 2. DJI Matrice 300 RTK je momentálne v procese certifikácie. Vzhľadom na to, že Mavic 2 Pro predstavuje vylepšenú verziu Mavic Pro, v podkapitolách nižšie opíšem iba DJI Mavic 2 Pro, Inspire 2 a DJI Matrice 300 RTK.

##### 3.2.1. *DJI Mavic 2 Pro*

Model DJI Mavic 2 Pro bol uvedený na trh v roku 2018 a predstavuje významný skok v technológii oproti svojmu predchodcovi. Zvýšená hmotnosť o 173 g je predovšetkým z dôvodu väčšej kapacity batérie. Ďalšou významnou zmenou sú nové kamery vyvinuté spoločnosťou Hasselblad. Bepilotné lietadlo je vybavené systémom detekcie prekážok na všetkých stranách vrátane vertikálneho smeru a je schopné dosiahnuť rýchlosť až 72 km/h. Jeho maximálna výdrž na jedno nabitie je 31 minút a môže operovať v nadmorskej výške až 6 000 metrov. Systém OcuSync druhej generácie zabezpečuje spoľahlivé ovládanie na väčšie vzdialenosti a umožňuje prenos videa vo Full HD kvalite.

### 3.2.2. *DJI Inspire 2*

DJI Inspire 2 je určený predovšetkým pre profesionálne filmovanie a fotografovanie. Okrem toho umožňuje ovládanie pomocou dvoch ovládačov a poskytuje diaľkové nastavenie všetkých kľúčových funkcií kamery. Inspire 2 bol uvedený na trh koncom roku 2016 a priniesol vylepšené spracovanie obrazu, lepšie letové vlastnosti a možnosť výmeny objektívov. Tento model je vybavený inteligentnými batériami a ponúka rozšírené letové módy a senzory pre bezpečné operácie vo vnútorných aj vonkajších prostrediach. Maximálna vzletová hmotnosť UAS je 4250 g [10].

### 3.2.3. *DJI Matrice 300 RTK*

DJI Matrice 300 RTK je vysoko výkonné bezpilotné lietadlo navrhnuté predovšetkým pre profesionálnych užívateľov. Jeho robustný dizajn, dlhá výdrž batérie a presná RTK navigácia robia z neho ideálny nástroj pre rozsiahle úlohy v oblastiach ako geodézia, infraštruktúra, poľnohospodárstvo a záchranné operácie. Tento model je schopný vydržať vo vzduchu až 55 minút a operovať aj za nepriaznivého počasia, vďaka ochrane IP45, a môže byť použitý až do nadmorskej výšky 7000 metrov. MTOW je 9 kg. Má protizrážkové snímače na šiestich stranách a dokáže detegovať prekážky do vzdialenosti 40 metrov. Z bezpečnostných funkcií vyniká Return-to-Home, ktorý zahŕňa tri režimy: Smart RTH, RTH pri nízkej batérii a Failsafe RTH, umožňujúci automatický návrat lietadla do východiskového bodu [10][12].

Na zníženie rizika poškodenia osôb na zemi je na bezpilotné lietadlo DJI Matrice 300 RTK upevnený padák od výrobcu Zéphyr. Jednovrchlíkový padákový systém Zéphyr M300 s CO<sub>2</sub> vyhadzovacím mechanizmom umožňuje otvorenie vrchlíka za 1,2 sekundy, čo zodpovedá strate nadmorskej výšky 15 metrov z počítačovej rýchlosti pádu 6 m/s. Efektívna rýchlosť pádu pre hmotnosť 8 kg je 3,2 m/s, čím sa dosahuje nárazová energia len 41 J, a rádiový dosah systému dosahuje až 2 km, čo je dostatočné pre našu bezpečnú operáciu [13].

## 4. Ciel' a metodika práce

V tejto kapitole sa venujeme cieľom a metodike použitej v práci, ktorá sa opiera predovšetkým o zahraničné zdroje.

### 4.1. Ciel' práce

Hlavným cieľom práce je posúdenie rizika prevádzky bezpilotného systému v „osobitnej“ kategórii podľa Nariadenia (EÚ) 2019/947 a metodiky SORA. Zámerom je vypracovať SORA analýzu pre let s bezpilotným lietadlom nad mestom Žilina a vytvoriť vzorovú analýzu aplikovateľnú pre ďalšie lety.

### 4.2. Metodika práce

Metodika zahŕňa zhromažďovanie informácií z odborných článkov a internetových zdrojov, analýzu legislatívy a prevádzkových rizík. Proces vyhodnocovania zahŕňa syntézu získaných informácií, čo umožňuje precízne určenie triedy SAIL pre vybranú operáciu.

## 5. Posudzovanie rizík spojených s prevádzkou

Prevádzka bezpilotných systémov (UAS) zahŕňa rôzne aspekty, od technických špecifikácií zariadení po procedúry riadenia a koordinácie letov. Prevádzka s bezpilotným systémom DJI Matrice 300 RTK, ktorého maximálna vzletová hmotnosť (MTOW) je 9 kg, spadá do kategórie "otvorenej", podkategórie A3 alebo "osobitnej". Vzhľadom na legislatívu, let nad mestom Žilina s Matrice 300 RTK musí prebiehať v "osobitnej" kategórii, čo vyžaduje schválenie žiadosti o oprávnenie na prevádzku. Jednou z príloh k žiadosti je posúdenie rizík na základe metodiky SORA.

Tabuľka 1. Proces SORA

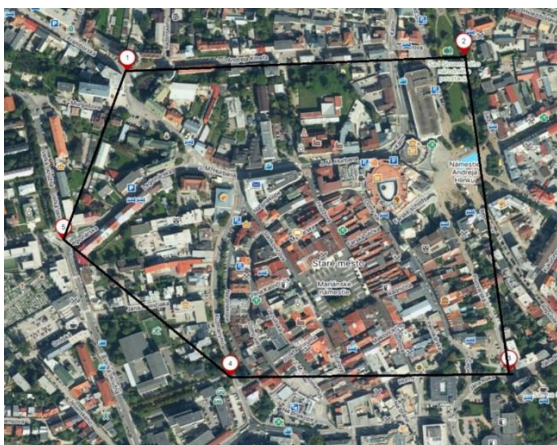
Krok 1: Popis prevádzkového konceptu
Krok 2: Určenie vlastnej triedy rizika na zemi (GRC) UAS
Krok 3: Určenie konečnej GRC
Krok 4: Určenie počítačovej triedy rizika vo vzduchu (ARC)
Krok 5: Použitie strategických zmierňujúcich opatrení za účelom určenia konečnej ARC
Krok 6: Úrovne TMPR a spoľahlivosti
Krok 7: Určenie SAIL
Krok 8: Identifikácia cieľov prevádzkovej bezpečnosti (OSO)
Krok 9: Zohľadnenie príľahlých oblastí vzdušného priestoru
Krok 10: Komplexné portfólio bezpečnosti

V nasledujúcich kapitolách sa podrobnejšie venujeme týmto krokom a ich aplikácii na konkrétny prevádzkový koncept UAS Žilinskej univerzity.

### 5.1. Popis prevádzkového konceptu (ConOps – Concept of operation)

V prevádzkovom koncepte sa venujem hodnoteniu vplyvov zmien v organizačnej štruktúre a procesoch, s dôrazom na zabezpečenie bezpečnosti prevádzky. Zameriavam sa na kvalifikáciu a požiadavky pre personál zapojený do prevádzky UAS, kde zdôrazňujem nutnosť autonómneho porozumenia prevádzkového konceptu a definujem minimálne požiadavky pre pilotov a mechanikov. V časti o preventívnej zdravotnej starostlivosti sa zaoberám odpočinkovými obdobiami a zdravotnými protokolmi po chirurgických zákrokoch, ako aj zásadami pre bezpečné pracovné prostredie.

V časti o postupoch sa sústreďujem na metodiku a prístupy k prevádzkovým postupom, ktoré minimalizujú ľudské chyby a umožňujú zrušenie alebo odklad letov v prípade ohrozenia bezpečnosti. Diskutujem o koordinácii viacerých členov prevádzky a zdôrazňujem význam jasnej komunikácie a zrozumiteľnosti úloh každého zainteresovaného. Detailne rozoberám prístup k plánovaniu letov, výber a použitie aktuálnych navigačných materiálov a dôkladné hodnotenie letovej oblasti s ohľadom na poveternostné podmienky.



Obrázok 1. Satelitná snímka s vyznačenou letovou plochou

Externé služby a systémy, ktoré využívam v mojej prevádzke, sú kľúčové pre bezpečnosť a efektivitu letov. Zahnuté sú aj postupy na vyhodnocovanie a zvládanie nepriaznivých poveternostných podmienok, ako aj taktické zmiernujúce opatrenia pre zvýšenie bezpečnosti. Vysvetľujem tiež, ako som určil letové oblasti, zahrňujúc obmedzenie týkajúce sa výšky letov. Zvláštna pozornosť je venovaná núdzovým postupom a vypracovaniu ERP (Emergency response plan), s akcentom na rýchlu a efektívnu reakciu v prípade incidentov alebo nehôd.

Pretože naša maximálna výška letu je limitovaná na 120 m, tak stret s lietadlom je minimálny z nasledujúcich dôvodov:

- Podľa predpisu je minimálna výška, do ktorej môže pilot lietadla v danej časti klesať, stanovená na 1000 ft.
- Náš UAS je vybavený systémom ADS-B a FLARM
- Budeme lietať za neustáleho vizuálneho kontaktu s UAV.
- Oblasť sa nachádza v priestore CTR Žilina a pred každým letom upovedomíme stredisko riadenia o našich zámeroch a trvaní letu. V časoch, keď CTR Žilina nie je aktivované, budeme na neustálom rádiovom odposluchu frekvencie z dôvodu situačného povedomia o prevádzke.
- Počas doby prevádzky budú mať osoby poverené prevádzkou pri sebe nabité mobilné telefóny.

## 5.2. Určenie vlastnej triedy rizika na zemi (GRC) UAS

Vlastné riziko vplyvu UAS na zemi sa vzťahuje k riziku, že bude osoba zasiahnutá UAS. Naša snaha je o lietanie nad mestom Žilina, ktoré je zaľudnenou oblasťou s maximálnym rozmerom UAS 1410 mm, ktoré spadá do kategórie od 1 m do 3 m. Budeme lietať za podmienok VLOS (Visual line of sight). Ako môžeme vidieť na tabuľke nižšie, tak po spojení všetkých kritérií naša počiatočná trieda rizika na zemi bude 5.

Tabuľka 2. Určenie vlastnej GRC

Vlastná trieda rizika na zemi UAS				
Max. charakteristický rozmer UA	1 m / cca 3 ft	3 m / cca 10ft	8 m / cca 25 ft	> 8 m / cca 25 ft
Očakávaná špecifická kinetická energia	< 700 J (cca 529 ft lb)	< 34 kJ (cca 25 000 ft lb)	< 1 084 kJ (cca 800000 ft lb)	> 1 084 kJ (cca 800000 ft lb)
Prevádzkové scenáre				
VLOS/BVLOS nad kontrolovanou pozemnou plochou	1	2	3	4
VLOS nad riedko zaľudnenou oblasťou	2	3	4	5
BVLOS nad riedko zaľudnenou oblasťou	3	4	5	6
VLOS nad zaľudnenou oblasťou	4	5	6	8
BVLOS nad zaľudnenou oblasťou	5	6	8	10
VLOS nad zhromaždením ľudí	7			
BVLOS nad zhromaždením ľudí	8			

## 5.3. Určenie konečnej GRC

Vlastné riziko zasiahnutia osoby UAS (v prípade straty riadenia letu) je možné pomocou zmiernujúcich opatrení kontrolovať a znížiť. Zmiernujúce opatrenia použité na zmenu vlastnej GRC majú priamy vplyv na ciele bezpečnosti súvisiace s konkrétnou prevádzkou, a preto je dôležité zabezpečiť ich spoľahlivosť. To má význam najmä v prípade technických zmiernujúcich opatrení súvisiacich s rizikom na zemi (napr. záchranný padák) [14].

Tabuľka 3. Zmiernujúce opatrenia na určenie konečnej GRC

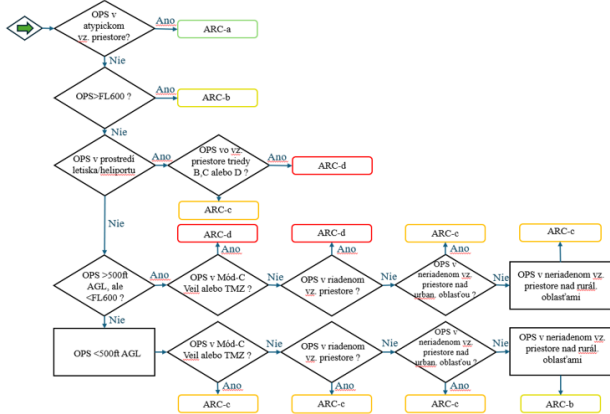
Zoznam zmiernujúcich opatrení	Zmiernujúce opatrenia rizika na zemi	Spoľahlivosť		
		Nizka/žiadna	Stredná	Vysoká
1	M1 – Strategické zmiernujúce opatrenia na zemi	0: žiadna -1: nízka	-2	-4
2	M2 – Sú zmiernené následky nárazu na zem	0	-1	-2
3	M3 – Je zavedený pohotovostný plán (ERP), prevádzkovateľ UAS je overený a efektívny	1	0	-1

Napríklad v prípade nášho bezpilotného lietadla s maximálnym rozmerom od 1 m do 3 m (druhý stĺpec v Tabuľke 2) prevádzkovaného za nepretržitého vizuálneho kontaktu (VLOS) s týmto UAV nad zaľudnenou oblasťou je vlastná GRC rovno 5. Na základe analýzy ConOps nárokuje zníženie rizika na zemi najprv použitím M1 strednej spoľahlivosti (zníženie GRC o 2). Konkrétne sa jedná o lietanie v hodinách, kedy sa v meste nachádza málo ľudí vo vonkajších priestoroch. V tomto prípade výsledok použitia M1 je GRC=3, pretože GRC znížime o dva stupne. Potom použijeme M2 s využitím padákového systému Zephyr, ktorý má za následok ďalšie zníženie o 1 (tj. GRC=1). Nakoniec bolo vypracované M3 (ERP) strednej spoľahlivosti, ktoré podľa Tabuľky 3 nevedlo k žiadnemu ďalšiemu zníženiu [14].

Konečná GRC sa stanoví pridaním všetkých korektívnych činiteľov (tj. -2-1-0=-3) a upravením GRC výsledným číslom (5-3=2) [14].

## 5.4. Určenie počítačnej triedy rizika vo vzduchu (ARC)

Táto podkapitola pojednáva o riziku zrážky medzi bezpilotným lietadlom a lietadlom s pilotom na palube.



Obrázok 2. Proces stanovenia ARC

Z dôvodu lietania v oblasti triedy D (CTR Žilina) s našou prevádzkou do 500 ft AGL je na základe schémy na obrázku 2 naša trieda rizika vo vzduchu ARC-c.

## 5.5. Použitie strategických zmiernujúcich opatrení na určenie zvyškovej ARC

Ako prevádzkovateľ sme názoru, že pridelená trieda rizika vo vzduchu vzhľadom na naše prevádzkové postupy nie je primeraná. Na zníženie ARC sme vymedzili priestor, v ktorom sa budeme v oblasti mesta Žilina s našim UAS pohybovať. Tento priestor bude známy aj stanovištiu letovej prevádzky, ktorého vopred oslovíme, aby nám vydal súhlas na použitie priestoru. Budeme vždy v počte dvoch. Jeden bude AO (airspace observer) a druhý pilot UAV. Pozorovateľ aj pilot bude mať zároveň pri sebe mobilné zariadenie v prípade, že by nám stanovište letovej prevádzky potrebovalo sprostredkovať informáciu. Počas času, kedy letisko funguje ako neriadené, budeme mať pri sebe neustále rádiostanicu, s pomocou ktorej budeme mať neustále prehľad o okolitej prevádzke. Vo všetkých vytýčených priestoroch budeme UA (unmanned aircraft) prevádzkovať za pravidiel VLOS do výšky 120 m AGL. Na základe hore uvedených zásad, sme presvedčení, že sme zmiernili riziko vo vzduchu na ARC-b.

## 5.6. Úroveň TMPR a spoľahlivosti

Okrem strategických zmiernujúcich opatrení použijeme aj taktické zmiernujúce opatrenia. Naš UAS je vybavený technológiou ADS – B a FLARM.

## 5.7. Určenie SAIL (Specific Assurance and Integrity Level)

Parameter SAIL zlučuje dohromady analýzy rizík na zemi a vo vzduchu. SAIL predstavuje úroveň istoty, že prevádzka UAS zostane pod kontrolou. Po určení konečnej GRC a zvyškovej ARC je potom možné odvodiť SAIL súvisiace s navrhovanou ConOps [14].

Tabuľka 4. Určenie SAIL

Konečná GRC	Úroveň SAIL			
	a	b	c	d
≤2	I	II	IV	VI
3	II	II	IV	VI
4	III	III	IV	VI
5	IV	IV	IV	VI
6	V	V	V	VI
7	VI	VI	VI	VI
>7	Prevádzka kategórie C			

Naša SAIL po zohľadnení GRC 2 a ARC-b je II. Tu je dôležité zdôrazniť, že v súčasnosti Dopravný úrad nepovoľuje prevádzku s triedou SAIL vyššou ako II.

## 5.8. Identifikácia cieľov prevádzkovej bezpečnosti (OSO)

Ďalším krokom v procese SORA je použitie triedy SAIL na vyhodnotenie bezpečnostných bariér operácie, nazývaných OSO (Operational Safety Objectives). Tieto bezpečnostné ciele sú zatriedené podľa spoľahlivosti, kde každá úroveň spoľahlivosti - nízka (L), stredná (M) a vysoká (H) - odporúča rôzne opatrenia podľa rizika, ktorému je prevádzka vystavená. Táto metodika pomáha zabezpečiť, že každý bezpečnostný cieľ je primerane adresovaný v závislosti od špecifikovaného rizika a situácie. V praxi sa táto hierarchia bezpečnostných opatrení využíva na znižovanie hrozieb identifikovaných počas analýzy ConOps. Tieto informácie sú uvedené v dokumente, ktorý sumarizuje skúsenosti a najlepšie postupy z predchádzajúcich operácií, poskytujúc tým solídny základ pre návrh a implementáciu bezpečnostných cieľov pri nových prevádzkach UAS.

## 5.9. Zohľadnenie príľahlých oblastí vzdušného priestoru

Toto riziko sme sa snažili eliminovať najmä technickou vybavenosťou UAS ako je funkcia RTH a ďalšou osobou, ktorá nám bude pomáhať let vykonať. Naš vyznačený vzdušný priestor je dostatočne veľký a na základe skúseností nepredpokladáme, že by mohlo prísť k narušeniu príľahlých oblastí. V prípade, že by sa nakoniec tak stalo, postupovali by sme na základe prevádzkovej príručky a ERP.

## 5.10. Komplexné portfólio bezpečnosti

Proces SORA poskytuje žiadateľovi, príslušnému úradu a ANSP metodiku, ktorá zahŕňa rady zmiernujúcich opatrení a bezpečnostných cieľov, ktoré sa majú zväziť s cieľom zabezpečiť adekvátnu úroveň istoty, že prevádzku možno vykonať bezpečne. Tieto sú:

- zmiernujúce opatrenia použité na úpravu vlastného GRC,
- strategické zmiernujúce opatrenia pre počítačnú ARC,
- taktické zmiernujúce opatrenia pre zvyškovú ARC,
- zohľadnenie príľahlej oblasti/vzdušného priestoru,
- OSO [14].

Ako prevádzkovateľ UAS zaistíme zhodu medzi bezpečnostnými skutočnosťami SORA a skutočnými prevádzkovými podmienkami (tj. doba letu).

## 6. Záver

V tomto článku som sa zamerlal na komplexnú analýzu prevádzkových rizík spojených s používaním bezpilotných systémov (UAS). Úvodná časť sa venuje rýchlemu vývoju UAS a legislatívnemu rámcu ich používania, vrátane predstavenia základu UAS parku na Žilinskej univerzite v Žiline. Hlavná časť je zameraná na posudzovanie rizík spojených s prevádzkou UAS, kde som sa snažil identifikovať a zohľadniť všetky možné faktory ovplyvňujúce bezpečnosť.

Výzvy spojené s rýchlo meniacimi sa technológiami a externými faktormi zdôrazňujú potrebu nepretržitého rozvoja a zdokonaľovania metodík hodnotenia rizík, ako je SORA od EASA, ktorá bola aplikovaná aj v tomto článku. Práca poskytuje základ pre tvorbu SORA analýzy, nevyhnutnej pre získanie povolenia pre lety v „osobitnej“ kategórii.

## Referencie

- [1] A Brief History of Drones. [Online] Dostupné z: <https://www.iwm.org.uk/history/a-brief-history-of-drones>
- [2] What is an unmanned aircraft system (UAS)? [Online] Dostupné z: <https://www.faa.gov/faq/what-unmanned-aircraft-system-uas>
- [3] A Not-So-Short History of Unmanned Aerial Vehicles (UAV). [Online] Dostupné z: <https://consortiq.com/uas-resources/short-history-unmanned-aerial-vehicles-uavs>
- [4] A brief history of drones: from pilotless balloons to roaming killers [Online] Dostupné z: <https://interestingengineering.com/innovation/a-brief-history-of-drones-the-remote-controlled-unmanned-aerial-vehicles-uavs>
- [5] The Early Days Of Drones – Unmanned Aircraft From World War One And World War Two [Online] Dostupné z: <https://www.warhistoryonline.com/military-vehicle-news/short-history-drones-part-1.html>
- [6] Delivery drones are coming: Jeff Bezos promises half-hour shipping with Amazon Prime Air [Online] Dostupné z: <https://www.theverge.com/2013/12/1/5164340/delivery-drones-are-coming-jeff-bezos-previews-half-hour-shipping>
- [7] Drone Delivery [Online] Dostupné z: <https://www.amazon.com/gp/help/customer/display.html?nodeId=T3jxhuvPfQ629BOIL4>
- [8] The Most Surprising Commercial Drone Industry Statistics in 2024. [Online] Dostupné z: <https://gitnux.org/commercial-drone-industry-statistics/>
- [9] 8 INTERESTING DJI STATISTICS (FACT CHECKED FOR 2024) Dostupné z: <https://shotkit.com/dji-stats/>
- [10] KOCOUREK, Jaroslav a ŘEŠÁTKO Jaroslav. Praktická příručka pro majitelé dronů DJI. Třetí vydání. Praha: TELINK s.r.o., 2021. ISBN 978-80-11-00186-5
- [11] The OPEN category [Online] Dostupné z: <https://learningzone.eurocontrol.int/ilp/pages/wbtfullscreen.jsf?pollingMode=on&runninLanguage=enGB&openMode=samepage&isOpenedFromSyllabus=true&parentCou>

rseId=libraryItem=false&mediaId=966700&courseId=19973264

- [12] DJI Matrice 300 RTK uživatelský manuál v1.0 2020.06 [Online] Dostupné z: [https://cdn.djitelink.cz/data/user-content/navody/M300\\_navod.pdf](https://cdn.djitelink.cz/data/user-content/navody/M300_navod.pdf)
- [13] Zephyr - Padák pre DJI Matrice 300 RTK [Online] Dostupné z: <https://www.dronerepublic.sk/zephyr-padak-pre-dji-matrice-300-rtk/>
- [14] EASA e Rules\_UAS\_CS\_18-05.2022\_v4-1. [Online] Dostupné z: <https://www.caa.cz/provoz/bezpilotni-letadla/online-skoleni-a-informace-k-vyuziti/dokument-easa-erules/>